



## Bulletin de la Sabix

Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique

18 | 1997

Instruments scientifiques anciens conservés par la Bibliothèque de l'Ecole polytechnique

---

# Le phonographe Edison de l'Ecole polytechnique

Henri Chamoux

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/833>

ISSN : 2114-2130

### Éditeur

Société des amis de la bibliothèque et de l'histoire de l'École polytechnique (SABIX)

### Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 1997

Pagination : 43-54

ISBN : ISSN 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

### Référence électronique

Henri Chamoux, « Le phonographe Edison de l'Ecole polytechnique », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 18 | 1997, mis en ligne le 04 avril 2012, consulté le 01 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/833>

---

Ce document a été généré automatiquement le 1 mai 2019.

© SABIX

---

# *Le phonographe Edison de l'Ecole polytechnique*

Henri Chamoux

---

- 1 Parmi les instruments de laboratoire qui constituent la riche collection de l'Ecole polytechnique, le phonographe à cylindres de cire de Edison, construit entre les années 1893 et 1895<sup>1</sup>, semble un intrus. La fonction même d'un phonographe en laboratoire est ambiguë. L'acoustique est une science, la musique un art, et dès le début, cette double appartenance, plus que ses imperfections, a rendu le phonographe suspect aux yeux de tous, scientifiques et musiciens. L'exemplaire de l'Ecole n'est pas à proprement parler un instrument de recherche, mais déjà un appareil de vulgarisation scientifique, presque voué à un usage domestique. Cet instrument est la réplique des premiers modèles perfectionnés arrivés en Europe : en septembre 1888 en Angleterre, à l'occasion du congrès scientifique de Bath, et le 23 avril 1889 à l'Académie des sciences à Paris.

## 1877

### Une découverte qui suscite un engouement éphémère

- 2 En inventant le phonographe à la fin de l'année 1877, Edison acquiert une notoriété de plus, mais il se désintéresse très vite de sa nouvelle trouvaille. Le support sonore est alors une feuille d'étain. Un appareil comparable est présenté en France à l'Académie des sciences le 11 mars 1878. La nouvelle de l'invention d'un instrument susceptible d'enregistrer et de restituer des séquences sonores fait sensation, mais l'intérêt qu'on y porte disparaît comme un mouvement de mode. C'est que le monde scientifique réserve à cette invention un accueil mitigé, voire incrédule<sup>2</sup>, et cette trouvaille n'aura, pendant longtemps, aucune application scientifique. Ainsi, durant dix ans, on se contente de reproduire l'invention primitive pour les laboratoires de physique, sans lui apporter de perfectionnements notables. L'appareil représenté (photo 1) est fabriqué en France sur le modèle de Edison.

# 1888

## Des perfectionnements tardifs

- 3 Stimulé par d'autres recherches qu'il estime beaucoup plus, Edison est notamment accaparé par l'éclairage électrique, qu'il veut rendre pratique, ayant signé un contrat, pour cette invention qui restait à perfectionner, avec l'Edison Electric Light Company. Cette nouvelle activité va l'absorber pendant plus de sept ans. La question de l'enregistrement du son est reprise par un technicien qui au bout de quatre années de recherches ouvre de nouvelles perspectives au phonographe ; il s'agit de Graham Bell.
- 4 Canadien d'origine écossaise, Alexander Graham Bell s'était installé en 1872 aux Etats-Unis à Boston où il avait créé une école de rééducation pour sourds. En marge de cette activité principale à laquelle son père orthophoniste l'avait conduit, il s'intéressait à l'électricité et à ses applications. Devenu, en 1873, professeur de physiologie vocale et d'élocution à l'université de Boston, il eut l'idée d'un télégraphe parlant qui le conduira à l'invention du téléphone, pour lequel il déposa un brevet le 14 février 1876 à Washington, accepté le 7 mars suivant sous le No 174.465. C'est dans son laboratoire de Boston qu'eut lieu la première conversation téléphonique réussie, le 10 mars 1876. Il lui faudra encore quelques mois pour rendre son appareil fiable, et le premier réseau vit le jour à New Haven dans le Connecticut.
- 5 A l'occasion du prix Volta, d'un montant de 50 000 F, qu'il reçoit de la France en 1880 pour son téléphone, Bell, de retour aux Etats-Unis, fonde le Volta laboratory avec son cousin Chichester Bell, et un constructeur d'instruments scientifiques, Charles Summer Tainter. Bell confie alors à ses deux associés le perfectionnement du phonographe, qui est tombé dans l'oubli depuis deux ans, Edison ayant laissé l'invention de côté. Bell comprend vite qu'il faudra abandonner le support en étain, et ses recherches le mènent à expérimenter des supports malléables comme la cire couchée sur un tube en carton. Il élabore un appareil permettant l'interchangeabilité des cylindres, ce qui permet pour la première fois de les conserver. Une série de brevets est déposée en 1885 sous le nom de la Volta Graphophone Company. L'appareil, baptisé Graphophone, est posé sur une table de machine à coudre dont la pédale assure l'entraînement régulier du cylindre. Un exemplaire de cet appareil, le seul existant en France, fut offert au CNAM par Bell en personne.

## Edison réinvente le phonographe

- 6 Au su des nouvelles découvertes de Tainter et Bell, qui ont abouti au graphophone, Edison (qui a quitté Menlo Park, Ohio, pour West Orange, New Jersey, où il ouvre un second laboratoire) forme une équipe sur le phonographe, et s'y investit lui-même à partir de juin 1887. Il dépose alors de nombreux brevets de perfectionnement, parmi lesquels un brevet français le 9 janvier 1888, sous le nom d'Edison associé à celui de Gouraud, son représentant en France. On y décrit un appareil mû par l'électricité, à cylindres de cire interchangeables. Toutefois, le résultat ne sort officiellement que le 16 juin 1888 des laboratoires de West Orange, à grand renfort de publicité, et l'appareil se présente alors sous une forme identique à celle de l'exemplaire de l'Ecole polytechnique.

## 1889

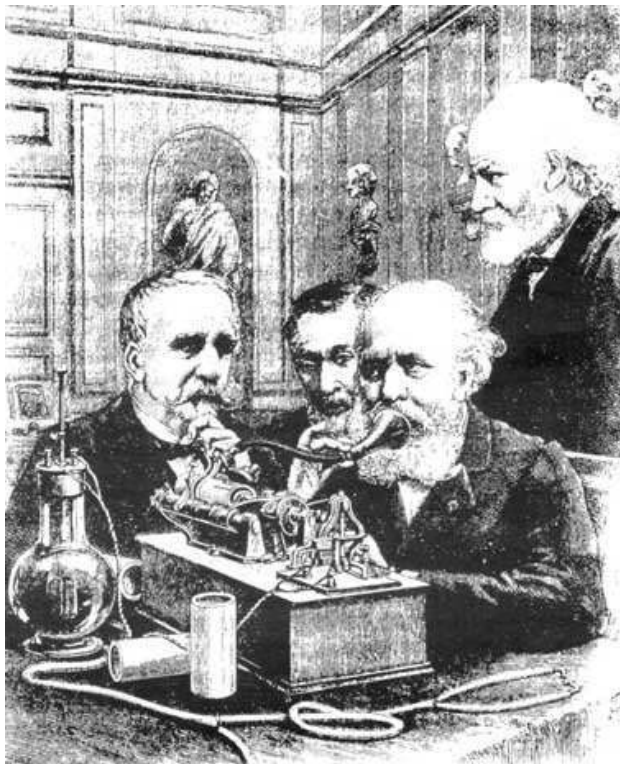
### Un accueil mitigé

- 7 Ce n'est que le 23 avril 1889 que le colonel Gouraud organise une présentation officielle de ce phonographe perfectionné à l'Académie des sciences. Le *Congrès de l'Association britannique pour le développement* qui avait eu lieu à Bath en septembre 1888, avait déjà été l'occasion de présenter le phonographe perfectionné à un large public. L'astronome français Janssen avait déjà utilisé l'appareil à Bath, et, ayant pris un intérêt particulier à la promotion du phonographe, avait accepté de prononcer quelques mots d'introduction à cette séance d'Académie<sup>3</sup>.

*La Nature*, dans son numéro du 4 mai 1889, donne le programme des enregistrements effectués ou reproduits après le discours d'introduction du colonel Gouraud :

« Paroles : - Paroles de M. Janssen, ex-président de l'Académie, adressées à M. Edison ; paroles de M. Berger au même ; messages des correspondants de quelques journaux français à Londres, adressés à leur éditeur. Quelques mots dans les langues suivantes : français, anglais, espagnol, italien, hollandais, grec, latin, syriaque, turc, hébreu, arabe. »

Une séance d'enregistrement à l'Académie des beaux-arts le 27 avril 1889. De gauche à droite, le duc d'Aumale, Des Cloizeaux, Charles Gounod, l'astronome Janssen. On distingue l'appareil, les cylindres et l'alimentation électrique du moteur (pile-bouteille de Grenet). L'appareil est identique à celui de l'Ecole.



Reproduit dans : Paul Charbon, « Ils ont inventé la machine parlante. Musique : La Marseillaise, jouée par la musique militaire des gardes de la reine ; Hall Columbia, jouée par la musique militaire des gardes de la reine ; marche du régiment ; duo de piano et cornet à piston, musique de Gounod ; duo de cornets à piston ; Ave Maria, de Gounod, chanté et accompagné par lui-même... »

Tiré de Hospitalier, E. *Le nouveau phonographe Edison*, (*La Nature*, 04.05.1889), p. 364.

- 8 Ce qui étonne à propos de cette invention, ce sont les passions contradictoires qu'elle suscita, très tôt, dans des milieux divers. Chacun était, soit promoteur, soit défenseur. Dans le milieu artistique et musical, citons Johannes Brahms, Camille Saint-Saëns et Claude Debussy parmi les premiers grands compositeurs qui se laissèrent volontiers « phonographier » au piano. En revanche, d'autres refusèrent farouchement, tel le grand ténor Jean de Reszké (bien plus célèbre alors que Caruso !). Dans le milieu scientifique, on trouve également les réactions les plus diverses. Ainsi le docteur Marage, qui étudie l'emploi possible du phonographe au service de la phonétique<sup>4</sup>. Le principal détracteur scientifique du phonographe est alors le professeur Bouasse, de Toulouse. Il est l'auteur d'un important traité de physique qui fit longtemps référence dans le monde scientifique, et a notamment posé en termes alors nouveaux, les problèmes de l'acoustique musicale, discipline longtemps jugée bâtarde, aux confluent de l'art et de la science. Ceci ne l'empêche pas de parler du phonographe, à une époque où celui-ci connaît déjà une vogue fantastique, en termes virulents<sup>5</sup>:

« L'utilité du phonographe est rigoureusement nulle. Je me demande toujours si c'est du mirliton, de la flûte à l'oignon ou de la pratique de polichinelle qu'il faut rapprocher le timbre de cet instrument délicieux. Conserver les phonogrammes des acteurs illustres, en faire un musée, est de la plus aimable sottise. Peu nous importe comment parlait Talma ou Cicéron ? Qu'en conclure, sinon que les goûts changent et que tout ce qui charmait nos pères nous semble affreusement ridicule ? Toujours vivre dans le passé, avec les morts et la poussière, voilà l'idéal de nos savantasses transformés en historiens ou de nos historiens transformés en savantasses ! Le phonographe est le piano du pauvre. Ayons de l'indulgence pour ses défauts et son exaspérante manie de répéter les « morceaux » les plus saugrenus de ce que les musiciens ont enfanté. [...] Devant de telles inventions, on ne sait ce qu'il faut admirer le plus : leur extrême ingéniosité ou leur parfaite inutilité. »

## 1893-1895

### Une réplique à l'Ecole polytechnique (photo 2)

- 9 Une caisse de bois parallélépipédique munie de deux tiroirs supporte une platine horizontale rectangulaire à laquelle est fixé un lourd bâti de fonte. Toutes les pièces de fonte sont laquées de noir et réchampiées de dorure. Le bâti comporte à gauche un régulateur à boules, du type régulateur de Watt, qui ne sert pas à la régulation, mais au contrôle de la vitesse. La pièce essentielle est un mandrin tronconique dont l'axe est tenu par deux poupées de façon à se mouvoir autour de son axe. Ce mandrin est destiné à supporter le cylindre, qui est installé pour la photo. On distingue une pièce métallique qui forme un pont au dessus du cylindre et qui supporte elle-même une capsule nickelée, c'est le diaphragme de lecture, sur lequel le pavillon, qui ne semble pas être d'origine, est fixé. Le diaphragme porte une bille de verre de 0,8 mm de diamètre, (photo 3) qui fait normalement office de pointe de lecture, reliée par un coude à une membrane enserrée dans le diaphragme. La photo montre l'appareil avec un cylindre prêt à jouer. Les cylindres sont des manchons de cire dont la partie creuse, tronconique, est calibrée pour entrer en force sur le mandrin. Chaque cylindre offre jusqu'à deux minutes d'enregistrement. Le diaphragme d'enregistrement a malheureusement disparu. Il avait sa place prévue dans le tiroir. Il subsiste en revanche le cornet acoustique (premier plan) avec son embouchure qui servait à la prise de son. Le rabot, pièce en verre qui servait à l'effacement du sillon (photo 3) a toutefois survécu.

- 10 La particularité de ce modèle d'appareil est de fonctionner à l'électricité, fournie à l'époque par une pile au bichromate de potassium, dite également pile-bouteille ou, en France, pile de Grenet (photo 4). La caisse de bois abrite un moteur électrique à courant continu, fixé sous la platine. Le moteur fonctionne donc au courant continu, et la tension de 1,7 volt fournie par la pile doit suffire à le mouvoir. Le rotor pèse au moins 5 kgs, il est constitué de 80 bobinages alimentés par quatre balais (photo 5), et qui se meuvent devant les quatre bobinages du stator. Une courroie transmet le mouvement du rotor, qui fonctionne comme un volant d'inertie, au mandrin tronconique, ainsi qu'au support du diaphragme de lecture, qui est alors animé d'un lent glissement latéral, de gauche à droite sur la photo, le long du cylindre, par l'appui d'un balai sur le prolongement de l'axe du mandrin qui porte une vis sans fin. Cet exemple de la motorisation électrique d'un phonographe est unique. Les modèles suivants sont tous équipés d'un système d'horlogerie (moteur à ressort), pas plus fiable, mais moins onéreux, et il faut attendre les années 1928-1935, et la miniaturisation des moteurs à induction pour trouver une suite sérieuse à cette application du moteur électrique.
- 11 Avec l'appareil de l'Ecole subsistent 22 cylindres de cire de l'époque. La plupart contiennent des extraits du répertoire classique, les interprètes sont anonymes, comme c'est le cas pour la plupart des enregistrements de cette époque héroïque où les grands artistes s'abstenaient d'enregistrer. Quelques cylindres plus intéressants pour l'Ecole, ont été enregistrés par des professeurs ou des élèves, à titre récréatif. Ainsi, outre des extraits de déclamation par des élèves, on peut entendre
- « Le phonographe a l'honneur de saluer messieurs les élèves de l'Ecole polytechnique, et il leur souhaite de bonnes et longues vacances. »
- 12 Hélas, certains des cylindres, parmi les plus intéressants, sont brisés. Il convient de citer le travail de récupération, qui a consisté, il y a une dizaine d'années, en repiquages sur bande magnétique, fait par Monsieur Dufranc, qui travaille à l'Ecole. Aujourd'hui, on pourrait traiter et restaurer ces séquences sonores avec de puissants moyens numériques.
- 13 Mais à l'époque de l'appareil qui nous préoccupe, cette curiosité scientifique se répand d'abord dans les milieux mondains. Ce modèle, dit « Class M », se vendait alors auprès des amateurs de curiosités, mais son prix élevé, 1500 francs-or en 1890, en interdisait une large diffusion. Un exemplaire identique à celui de l'Ecole polytechnique fut offert, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1889, à Gustave Eiffel, qui, ainsi, a pu nous laisser sa voix et celle d'Ernest Renan. L'appareil est encore visible au troisième étage de la tour, les phonogrammes sont conservés au département Audiovisuel de la Bibliothèque nationale. Il existe en France au total une dizaine d'exemplaires de cet engin, collections privées comprises.
- 14 C'est avec un appareil identique à celui de l'Ecole qu'un jeune homme entreprenant, du nom de Charles Pathé, parcourut les foires comme montreur de phonographes, à partir de 1894. Dès 1896, il vend ses propres enregistrements, avec d'autres appareils d'importation, et en 1900, ses usines produisent des phonographes entièrement fabriqués en France, ainsi que plus d'un million de cylindres. Pathé a produit entre 30 et 35 millions de cylindres de 1900 à 1908, année à laquelle ce support est définitivement abandonné en France au profit du disque, support sonore plus pratique.
- 15 De cette production massive, il ne subsiste aujourd'hui qu'une partie infime. Un calcul simple, basé sur les faits, a permis de constater qu'il ne reste aujourd'hui qu'un cylindre audible sur 5000 produits à l'époque en France. L'application aux documents sonores de la

loi française du dépôt légal ne date que de 1939, et beaucoup des enregistrements antérieurs à cette date sont à considérer aujourd'hui comme des « incunables ». Beaucoup de documents importants ont disparu ou restent inaccessibles, ainsi en est-il des voix de Charles Gounod ou d'Alfred Dreyfus, et de bien d'autres personnages dont on sait qu'ils ont enregistré leurs voix.

- 16 Il convient impérativement de promouvoir largement la recherche et la conservation des documents sonores, ainsi que leur lecture, leur copie et leur restauration, par les moyens modernes appropriés, que l'on n'emploie jusqu'à présent qu'à la restauration des vieux films. Nous donnons ci-dessous la liste de la plupart des cylindres qui accompagnent ce phonographe. Les inscriptions figurent sur les boîtes ; comme souvent, elles ne correspondent pas au contenu enregistré. Certains cylindres manquent, certaines boîtes sont illisibles et non inscrites selon le tableau suivant :

Oeuvre	Fragment enregistré	Etat de conservation	Interprète
Lohengrin		cassé	
Hymne russe		fêlé, restauré	
Le Trouvère			
La Traviata			
Dernier discours de Carnot à Lyon			Charles Pathé, ou son assistant, lisant des coupures de journaux devant le phonographe, pour produire des « faux ».
Discours de F. Faure			idem
Carnot			idem
Carmen	Air de la Fleur		
Guillaume Tell			
L'Africaine	Grand air		
Robert le Diable	« Vous qui reposez... »		
La Juive			
	« Ce siècle avait 2 ans... »		Boudréaux, élève
Les Huguenots	Bénédiction des poignards	Cassé	

Mignon	« Connais-tu le pays ?... »	Cassé	
	« Péroration de l'oraison funèbre du prince de Condé »	Cassé	Promo rouge
	Discours prononcé par le phonographe à la distribution des prix faite aux élèves de l'Ecole primaire de Lislet		
Les rameaux			

## Inscriptions figurant sur l'appareil

- Gravé sur la platine : 23584
- Gravé sur une plaque nickelée fixée à la platine : Manufactured under the patents of Thomas A. Edison (May 18 1880, Feb 05 1889, Apr 21 1891, May 08 1888, Apr 02 1889, Jun 09 1891, July 31 1888, Nov 12 1889, Dec 29 1891, Dec 04 1888, Jun 17 1890, Oct 18 1892, Jun 20 1893)
- Peint sur une trappe en fonte qui donne accès à l'axe du moteur : Turn this way only
- Gravé sur le diaphragme de lecture : 19053
- Etiquettes anciennes d'inventaires de l'Ecole polytechnique, collées sur la caisse, rédigées à la main : Coll. Phys., 14.E.1.63. Coll. Phys. 14.E.1. 24 boîtes cylindres.

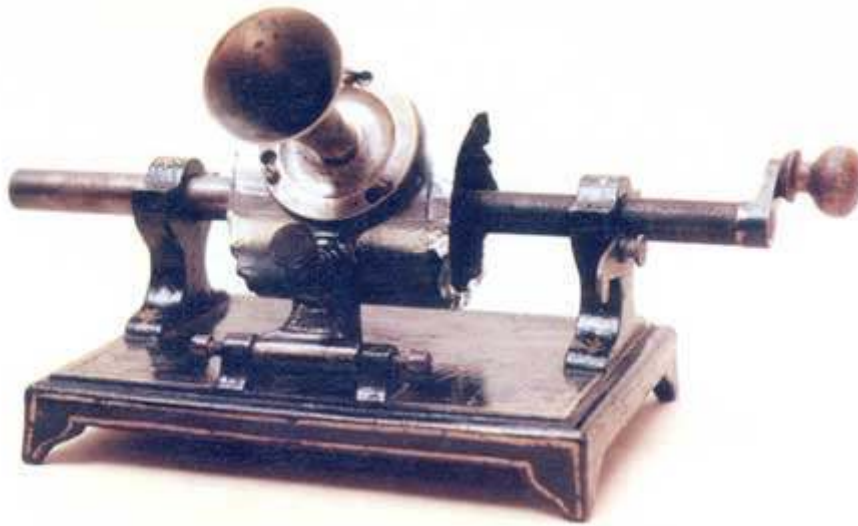
## Bibliographie

- Annuaire des artistes de l'enseignement dramatique et musical, et des sociétés orphéoniques de France. Répertoire complet du théâtre, de la musique et de la facture instrumentale. Paris : 167 rue St Martin, 1901, in 8°.
- Janssen (J.) (Note de). « Sur le phonographe de M. Edison », Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, tome 108, (séance du 23 avril 1889), pp 833-835.
- Charbon (Paul). Ils ont inventé... la machine parlante. Editions Jean-Pierre Gyss, 1981. 206 p.
- Dévigne (Roger). Une bibliothèque nationale sonore, pour la conservation des imprimés phonographiques, la phonotheque nationale, bilan de dix ans de travail. Paris : 1949. 30 p.
- Moncel (Comte Théodore du). Le téléphone, le microphone et le phonographe, Paris : Hachette, 1878. Collection Les merveilles de la science.
- Koenig (Rudolph). Quelques expériences d'acoustique. Paris : 1882. 247 p.
- Le Bec (Pierre). Le droit d'auteur et la phonographie. Thèse pour le doctorat, Université de Paris : Faculté de droit. Paris : A. Rousseau, 1911. 111 p. BN 8 F 22088.
- Marage. Comment parlent les phonographes. Paris : Masson et Cie, impr E.Petithenry, 8 rue François 1er Paris, sans date. 8 pages. CNAM BR 2777.

## Photographies



Photo 1 : phonographe à feuille d'étain



Lycée Alain Fournier, Bourges. H. 20 cm, l. 41 cm.  
Platine 25x19 cm. 1878-1881.

- 17 Instrument construit d'après l'invention qu'Edison réalisa le 5 ou le 6 décembre 1877. Construction française (fabricant Urbain Marie Fondain) pour amateurs de curiosités et pour l'enseignement de la physique ; pas d'inscription.  
Sur une platine de fonte laquée de noir et réchampie (motifs floraux en dorure), deux courtes potences supportent un cylindre. L'axe qui le traverse est muni, sur sa partie droite, d'un pas de vis, dont le filet repose sur un couteau amovible attaché à la potence de droite. Ce système, avec une manivelle que porte l'axe, assure au cylindre un mouvement de translation horizontal, en même temps qu'une rotation sur lui-même. Le cylindre présente à sa surface une petite rainure hélicoïdale dont le pas est exactement celui de la vis qui le fait avancer. Le système de lecture est fixé à la platine entre deux vis-pointeaux, qui lui permettent un mouvement de bascule vers l'avant. Il porte, fixée par trois vis, une embouchure en métal nickelé au fond de laquelle se trouve, enserrée et sertie de caoutchouc, une membrane métallique. De l'autre côté, une lame d'acier portant une pointe de même métal, repose contre la membrane, la pointe dirigée vers le cylindre. Enfin, une vis à godrons permet un réglage micrométrique de l'approche de la « tête », et par suite de la pointe, vers le cylindre.
- 18 Pour reproduire l'expérience d'Edison, on colle autour du cylindre une feuille d'étain. On abaisse le couteau sur lequel repose le pas de vis, afin de libérer celui-ci et décaler le cylindre vers la droite, puis on replace le couteau dans sa position initiale. On abaisse la tête de lecture-gravure vers le cylindre, et on règle la pression de la pointe sur l'étain, à l'aide de la vis à godrons, de façon à ce que la pointe emboutisse un peu l'étain au fond du sillon, lors de la rotation du cylindre. Alors, en animant la manivelle à un rythme aussi régulier que possible, on applique la bouche contre le pavillon de l'embouchure, et on prononce des mots en parlant fort. Un second passage du cylindre ainsi enregistré devant la même pointe, suffit à reproduire la séquence enregistrée, que l'on reconnaît bien. On ne peut faire que quelques auditions d'un tel enregistrement, la pointe détériorant assez

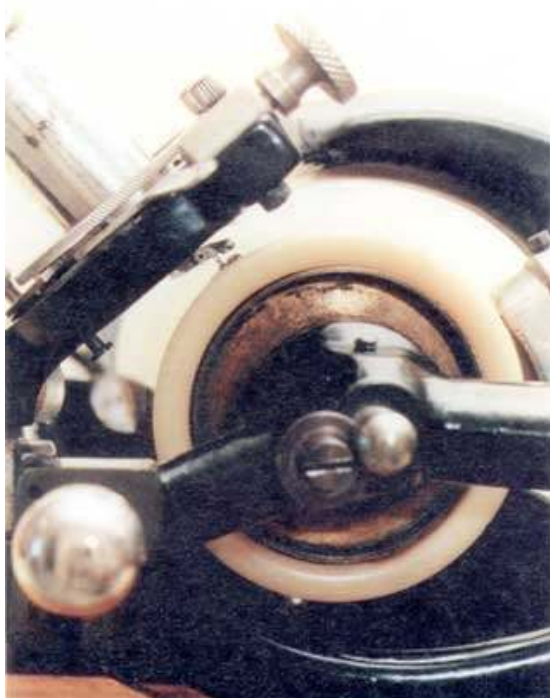
vite le sillon d'étain. Il faut attendre les années 1887-1889 pour obtenir des enregistrements sonores durables. C'est pourquoi il ne subsiste aujourd'hui aucun enregistrement de la période 1878-1887.

Photo 2 : phonographe « Class M » de l'Ecole Polytechnique, sans son alimentation électrique.



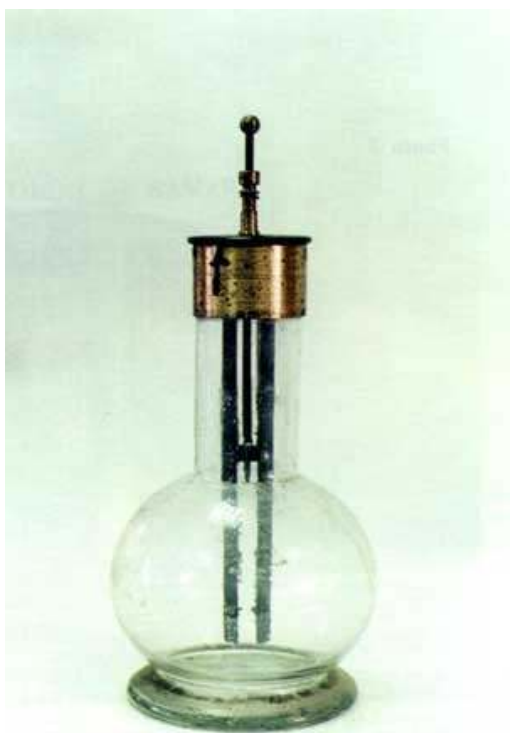
Parmi les accessoires, on distingue deux boîtes à cylindres, ainsi que le tube acoustique qui sert à l'enregistrement.

Photo 3 : phonographe d'Edison détail de la lecture, photo prise dans l'axe du cylindre.



On distingue la bille de verre posée sur le sillon, ainsi que, à droite, la tête nickelée du rabot de verre qui sert à effacer l'enregistrement.

Photo 4 : pile de Grenet au bichromate de potassium.

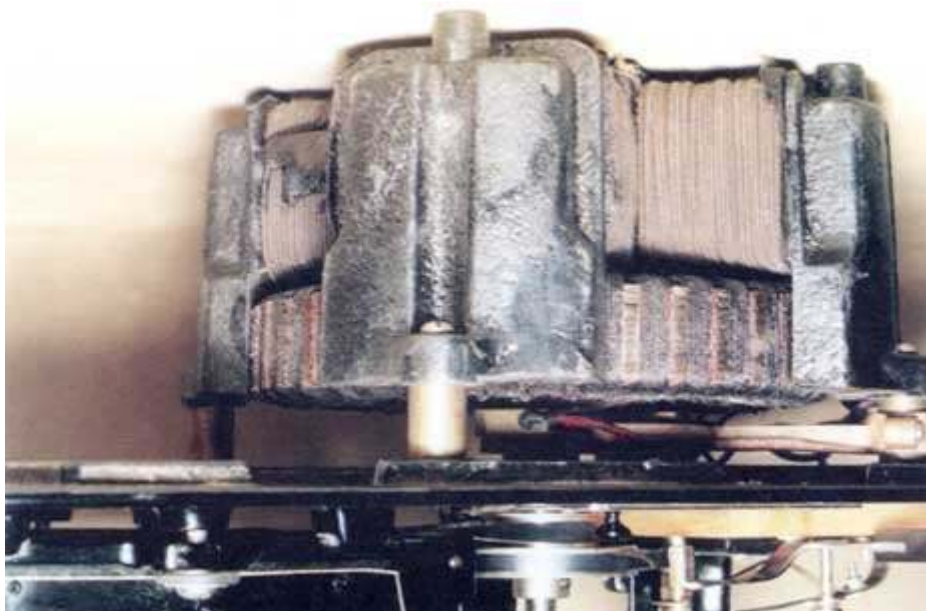


Deux charbons de cornue d'une part et une plaquette de zinc d'autre part, constituent les pôles de cette pile en plongeant dans le produit en solution.

Lycée Fustel à Strasbourg.

Photo 5 : Phonographe Edison, détail du moteur électrique, l'appareil démonté

- 19 On distingue le rotor, couronne de 80 bobinages qui forment autant de pôles, enchâssé dans la masse du stator, dont on voit trois des quatre bobinages.



Photos : Henri Chamoux

---

## NOTES

1. Ce modèle fut produit aux Etats-Unis entre 1889 et 1895. L'absence de registres d'entrée-sortie du matériel au sein de l'Ecole interdit une datation plus précise.
  2. Au sujet de la séance du 11 mars 1878 à l'Académie des sciences, Théodore du Moncel rapporte que quelques membres incrédules, au lieu d'examiner le fait physique, lancèrent une rumeur qui semblait accuser l'Académie de s'être laissée mystifier par un habile ventriloque. On demanda alors à du Moncel de faire lui-même l'expérience, et comme il n'avait pas l'habitude de parler dans l'appareil, l'expérience fut négative à la grande joie des incrédules... Finalement ils firent eux-mêmes les expériences pour accepter définitivement ce fait que la parole pouvait être reproduite dans des conditions excessivement simples. (Théodore du Moncel, Le phonographe, le téléphone et le microphone, 1878, librairie Hachette, bibliothèque des merveilles.)
  3. Janssen (J), « Sur le phonographe de M Edison », Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, séance du 23.04.1889, tome 108, n° 16, pp 833-835
  4. Marage. « Comment parlent les phonographes » - Paris : Masson & Cie éditeurs, impr. E. Petithenry, 8 rue François 1er Paris, sans date, 8 pages, CNAM BR 2777.
  5. Bouasse .... Cours de physique . - Toulouse ; 1905. - T. III, p. 484
- 

## AUTEUR

**HENRI CHAMOUX**

Centre d'histoire des sciences et des techniques Conservatoire national des arts et métiers